

## USO DE LA *GRACILARIA SP* EN DIETAS BALANCEADAS PARA LA ACUACULTURA

Juan Ortiz

Programa de Doctorado en Acuicultura  
Universidad de Chile  
ESPE, SENESCYT

### RESUMEN

La industrialización de la piscicultura en todo el mundo provoca un fuerte impacto ambiental en todos los niveles, desde el consumo de recursos, el proceso de transformación y la generación de desechos orgánicos y minerales como el nitrógeno y fósforo. Estos tres componentes de impacto deben ser analizados para cualquier producción acuícola procurando un manejo adecuado que permita la sostenibilidad y sustentabilidad de la industria. La idea propuesta en esta revisión, pretende buscar alternativas de uso de la *Gracilaria sp.* en dietas para la alimentación acuícola, como una materia prima de reemplazo de la harina de pescado. Cabe recalcar que dietas experimentales hasta un 10 % de inclusión han sido empleadas con peces, crustáceos, moluscos, equinodermos y otros organismos acuáticos, obteniendo resultados importantes. Además el aprovechamiento del nitrógeno y fósforo en la zona sur de Chile, incidiría en el aumento de las biomásas de algas marinas (*Gracilaria sp.*), procurando un balance positivo en las emisiones de Carbono por parte de la industria de la maricultura en esta región del continente.

**Palabras Claves.-** *Gracilaria sp.*, dietas para acuicultura, impacto ambiental.

### ABSTRACT

The industrialization of farming around the world causes a serious environmental impact on all levels, from the consumption of resources, the process of transformation and the generation of organic waste and minerals such as nitrogen and phosphorus. These three components of impact must be analyzed for any aquaculture production ensuring proper management to enable sustainability and sustainability of the industry. The idea proposed in this review, seeks to find alternative uses of *Gracilaria sp.* in diets for aquaculture feed, as a raw material replacement for fishmeal. It is noteworthy that experimental diets up to 10% have been employed including fish, crustaceans, molluscs, echinoderms and other aquatic organisms, obtaining significant results. In addition the use of nitrogen and phosphorus in the southern part of Chile, impact the increase in biomass of seaweed (*Gracilaria sp.*), seeking a positive balance in carbon emissions by the mariculture industry in this region.

**Keywords.-** *Gracilaria sp.*, diets for aquaculture, environmental impact.

### 1. INTRODUCCIÓN

La producción eficiente de especies acuícolas en sistemas de cultivos intensivos y semi-intensivos requiere del uso de alimentos artificiales como una fuente primaria o suplementaria de nutrientes. La harina y aceite de pescado son ingredientes animales comúnmente consumidos en dietas para alimentos manufacturados, debido a su calidad y balance nutritivo, digestibilidad, así como la alta palatabilidad (Sudaryono et al., 1999). Los niveles de inclusión de harina de pescado varían del 10 al 50%, y aceite de pescado del 2 al

20%. Esta dependencia de materias primas incide de manera significativa en los costos de operación acuícola de varias especies de interés comercial (Naylor et al., 2009).

Desde 1984 a 1990, la producción mundial de acuicultura se ha incrementado en una tasa promedio anual del 14% y al 2010 en el 8%. Como consecuencia de esta mayor demanda y considerando que los volúmenes de producción de harina de pescado no sobrepasan los 7 millones de toneladas al año, el precio de esta materia prima crece paulatinamente. Durante el fenómeno de “El Niño”, en los años 1972, 1977, 1987, 1992 y 1998, las poblaciones de peces forraje, y consecuentemente la producción de harina de pescado en Perú y Chile se redujeron sustancialmente, provocando variaciones de precio en los mercados internacionales desde los 600 hasta los 1300 USD la tonelada, e incidiendo directamente en la sostenibilidad de la industria acuícola, especialmente de los medianos y pequeños productores que dependen de este recurso de forma directa (Tveteras et al., 2010).

Estudios sistemáticos en la búsqueda de fuentes alternativas de proteína, han sido desarrollados en diferentes regiones y con especies distintas, especialmente en la nutrición de camarones peneidos. Estos trabajos se iniciaron en Japón a partir de 1970, lográndose definir los requerimientos nutricionales esenciales para crecimiento y desarrollo de la especie *Penaeus japonicus*. Desde entonces, comenzó la producción artificial de dietas, lo que ha representado uno de los objetivos de investigación más importantes en la producción de camarones y salmones en general. (Sudaryono et al., 1999)

Varios investigadores buscan alternativas vegetales para disminuir las dosis de inclusión de harina de pescado en la elaboración de balanceado. Dado por su contenido proteico y perfil aminoacídico, existen productos aptos para la inclusión. La mayoría de estudios realizados con fuentes proteicas alternativas, han sido evaluadas en términos de crecimiento, pero para obtener tasas de crecimiento aceptables a nivel industrial, se necesita que una dieta no solo supla los requerimientos cualitativos y cuantitativos de nutrientes, sino que también pueda ser ingerida, digerida y absorbida en la cantidad adecuada (Akiyama et al., 1991). Entonces la investigación actual se enfoca al uso de ingredientes y concentrados de proteína de plantas con gran potencial para usarlas en la alimentación acuícola, por su buen contenido de proteína, bajos costos y disponibilidad (Mbahinzireki et al., 2001).

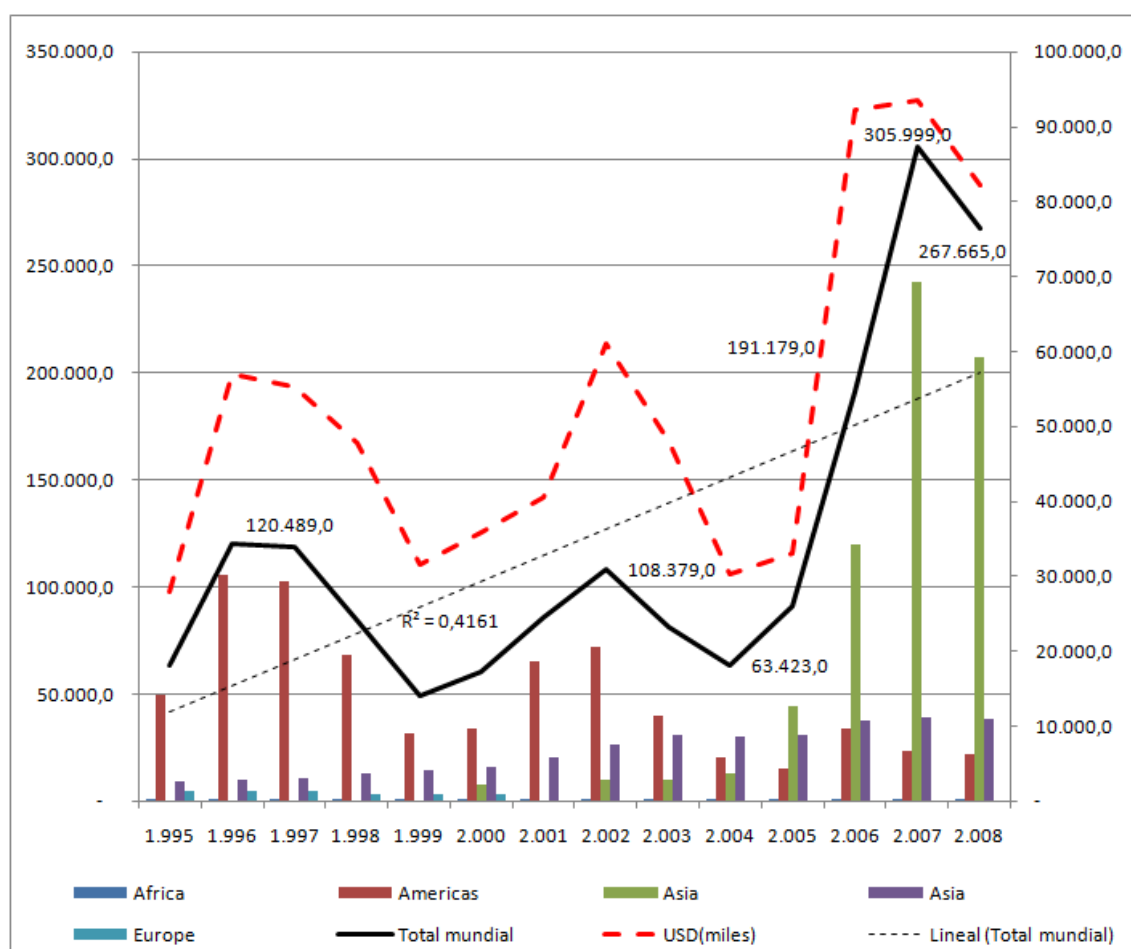
El cultivo de algas marinas es una actividad acuícola importante que genera en el planeta siete mil cuatrocientos millones de dólares, con volúmenes de producción estimados en 15, 7 millones de toneladas. Dentro de este grupo está considerada la producción de *Gracilaria* sp. que pertenece al grupo de las algas rojas, Rhodophytas, que habitan zonas estuarinas y marinas, especialmente zonas de bahía. (FAO, 2002).

Las oportunidades de la producción de *Gracilaria*, además de la industrialización del agar - agar, puede enfocarse al aumento de biomasa y fijación de carbono para utilizarlo como ingrediente alternativo, en dietas balanceadas para especies acuícolas como el sea bass, abulón, erizo, camarón blanco, langostas, pepinos marinos, salmones, entre otros. Esto permitiría, una alta tasa de inclusión que incidiría efectivamente en los costos operativos en la industria acuícola actual. Cabe recalcar que la generación de carbono en la industria salmoneera está en el orden de las 7 mil toneladas, con generación de nitrógeno y fósforo a los ambientes acuáticos entre los 34 a 40 mil toneladas. Además la demanda de agar desde 1999 al 2009 ha tenido una variación mínima del 3%, lo que el aumento de las biomásas productivas por las condiciones presentadas, podrían tener otro mercado importante como materia prima de dietas balanceadas, en un mercado de más de 1000 millones de dólares. (Troell et al., 1997; Sanderson et al., 2008; Boyd, 2010; Bixler et al., 2010)

La presente revisión bibliográfica pretende analizar los niveles de reemplazo de algas marinas como la *Gracilaria* sp. para alimentación de especies acuáticas, no solamente desde el punto de vista de inclusión con niveles de reemplazo específico, sino más bien como una oportunidad de utilización de materia prima directa para cultivos de importancia comercial tanto en especies de moluscos, crustáceos y peces marinos.

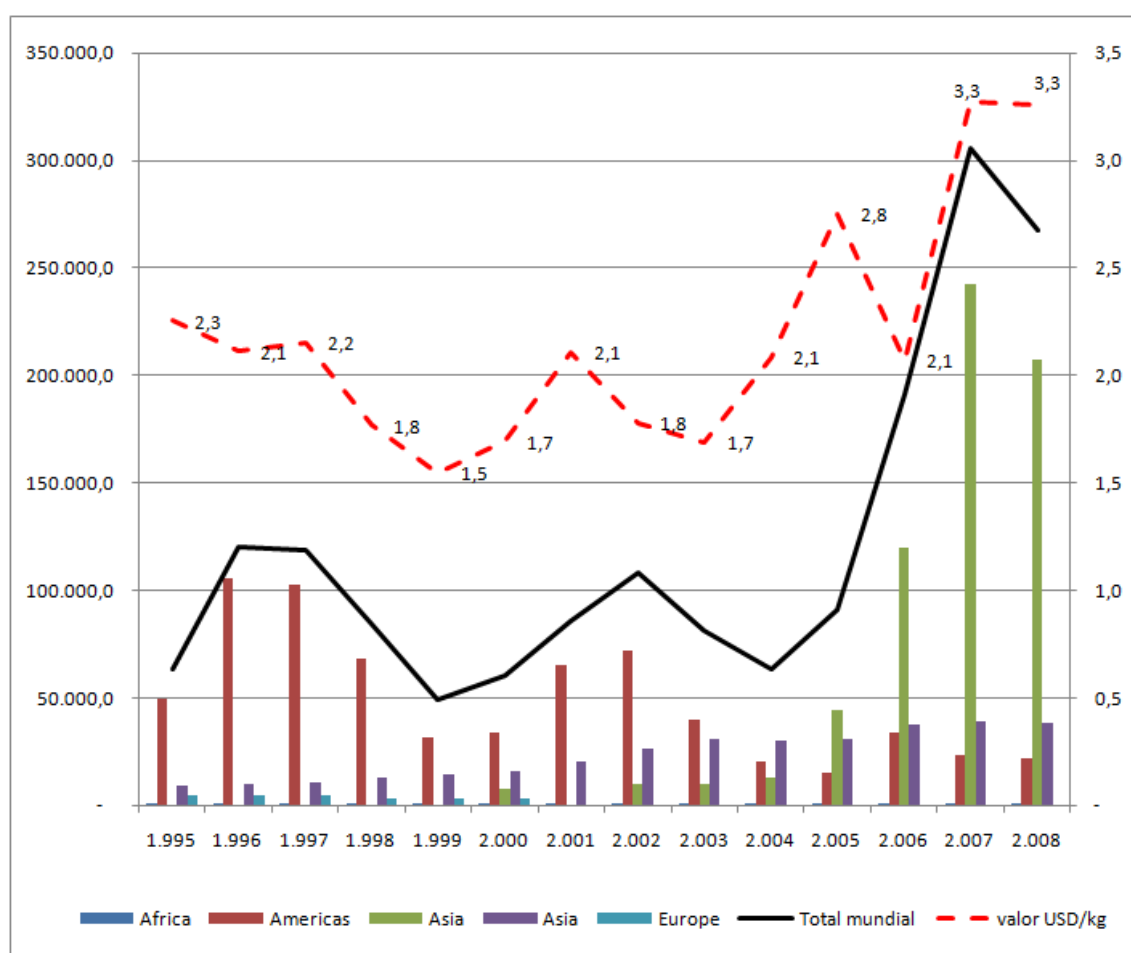
## 2. IMPORTANCIA COMERCIAL

Según la FAO (2008), los principales productores de *Gracilaria sp.* son Chile, Indonesia y Vietnam con una producción total de 267,6 mil toneladas. Los ingresos de esta Industria, superan los 82 millones de dólares, en donde Chile genera 34, 6 millones de USD con 2,5 mil toneladas, con los mejores precios en el mercado, debido principalmente al procesamiento del producto. En la zona norte se encuentran las mayores empresas de cultivo que procesan el alga seca y directamente exportan el producto, mientras que en la zona sur, el sector está estructurado por pequeños centros de cultivo, explotados por sindicatos o asociaciones gremiales, con operadores artesanales a pequeña escala, en donde el alga es vendida a las fabricas de agar.



**Figura 1** Producción de *Gracilaria sp.* por continente (t). Período 1995 - 2008. (FAO, 2008)

Cabe destacar que los ingresos generados por el cultivo de la *Gracilaria*, tienen estrecha relación con la producción, con una correlación entre tiempo y producción del 42%, indicando que el comportamiento (producción) es independiente del tiempo. Este fenómeno se da básicamente por la característica biológica de la especie (estacionalidad) y la variación drástica de precios en el mercado internacional (1,7 a 3,3 USD/kg) (Bixler et al., 2010).



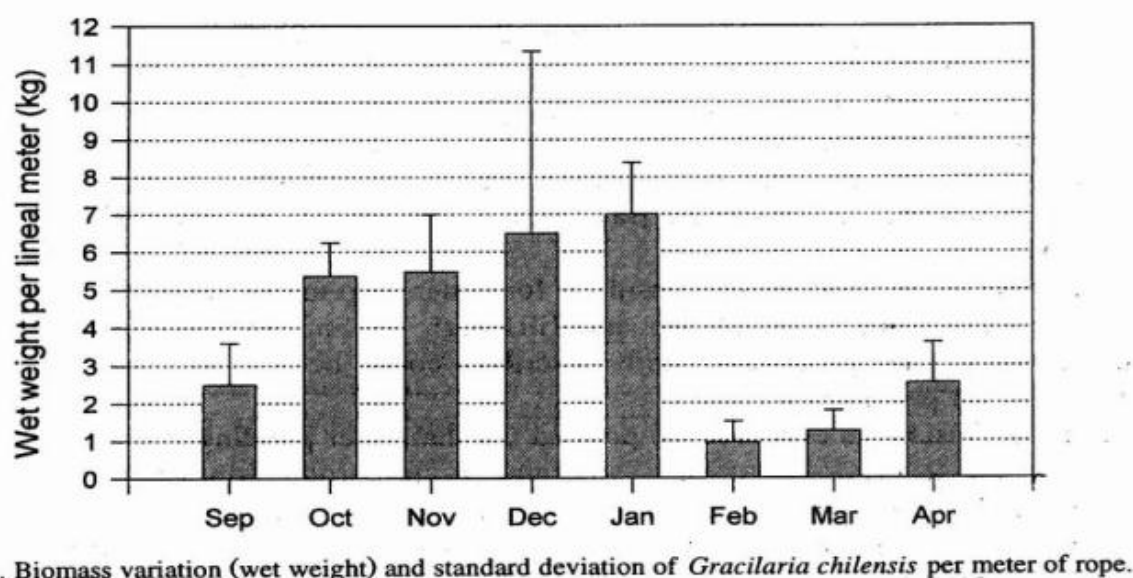
**Figura 2** Valor en el mercado internacional de *Gracilaria* sp (USD/kg).  
Período 1995 - 2008. (FAO, 2008)

### 3. CULTIVO DE *GRACILARIA* SP

Taxonómicamente pertenece al Phylum Rhodophycophyta, clase Florideophyceae, Orden Gracilariales, familia Gracilariaceae y de las cuales en Latinoamérica las especies principales que se cultivan son: *Gracilaria chilensis*, conocido comúnmente como Pelillo y *Gracilaria lemaneiformes* que se cultiva en el norte de Chile y sur de Perú. ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).

La *Gracilaria* sp, posee un talo erecto con ramificaciones de color café oscuro y rojizo, que se desarrolla por lo general en sustrato submareal e intermareal, entre los 0 a 25 metros, y habita en fondos arenoso y fangosos, donde se reproducen por crecimiento vegetativo. El abastecimiento de los talos para el cultivo se realiza por fragmentación de talos vegetativos y secundariamente por la inoculación de esporas en sustratos artificiales bajo condiciones controladas. La temperatura de cultivo está entre los 12 a 20 °C, con un pH hasta 8,2, oxígeno a saturación, y disponibilidad de nutrientes minerales como nitrógeno y fósforo (Valente et al., 2006).

El ciclo de producción es aproximadamente 6 meses, con ritmos de crecimiento de 4 hasta 7 %/día (Troell et al., 1997), y un desempeño de 1,7 kg de biomasa x m<sup>2</sup> en peso fresco. Cabe destacar que las producciones cambian drásticamente por estacionalidad, teniendo cambios de diciembre a enero entre 6-7 kg/m a febrero – marzo entre 0,9 a 1,5 kg/m (Valente et al., 2006).



**Figura 3** Variación de biomasa de *Gracilaria* por estacionalidad.

En Chile se cultiva en ambientes salinos y estuarinos entre la II y X región (II.-162; III.-931; IV.-1341; V.-1; VIII.-7667; X.-11583 (toneladas)) en donde se encuentran autorizados 778 centros, con una superficie estimada de 2578 Ha, promedio por centro de 3,3 Ha, destacándose cultivos artesanales con superficies de 0,3 Ha.

El cultivo de esta alga roja, se da por los contenidos de materias primas para la industria alimentaria y farmacéutica, como el agar y colagar. Estos contenidos pueden variar del 20 al 25 % de materia seca y contenidos de proteína en materia seca de 11 a 30,2 %. (Troell et al., 1997)

#### 4. BROMATOLOGÍA DE ALGAS ROJAS UTILIZADAS EN ACUACULTURA

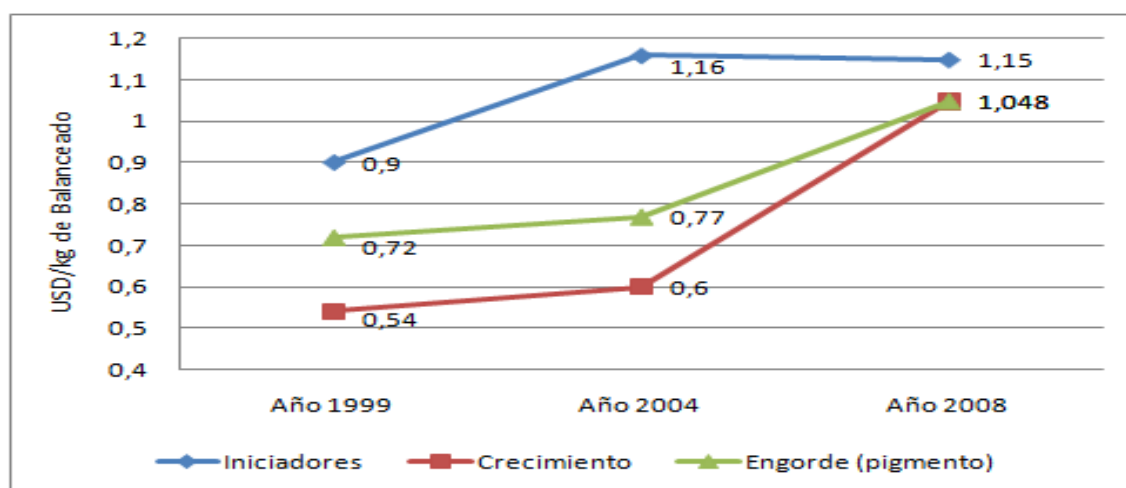
De las 322 especies descritas para Gracilariaceae ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)), se destacan varias especies, por su perfil bromatológico, así como la disponibilidad de aminoácidos esenciales y grasas insaturadas. Esta base de nutrientes permite hacer uso de este material para la alimentación en especies acuáticas desde un punto de vista, como aporte nutricional a dietas balanceadas. Cabe destacar que varios autores diferencian la presencia de fenilalanina, arginina, leucina e isoleucina en algas rojas (Orduña & Rojas, 2006), así como la ausencia de metionina y cistina. Estudios actuales de Rozo et al., (2010), demuestran la presencia de aminoácidos disponibles como serina, ácido aspártico, glutámico, ácidos grasos saturados e insaturados y la presencia de hierro y calcio en *Gracilaria mammillaris*. Bajo estas características la presencia de leucina permitiría un mejor aprovechamiento de concentraciones de aminoácidos libres en las dietas, mientras que la ausencia de metionina y cistina incidiría en la formación de proteína estructural. (Cheng et al., 2003). La presencia de ácidos grasos poliinsaturados tienen efectos directos en etapas críticas de desarrollo, como es el caso de la langosta y pepino marino, en donde se destaca la presencia de EPA como material traza importante, mientras que la presencia de hierro y calcio mejoraría la estructura de las concha en moluscos (Radfort, et al., 2007, Orduña et al., 2010, Rozo et al., 2010)

**Tabla 1** Algas rojas utilizadas en varias pruebas para la alimentación acuícola

		<i>Gracilaria bursa pastoris</i> *	<i>Gracilaria cornea</i> *	<i>Gracilaria cornea</i> ***	<i>E. compressa</i> **+	<i>P. pavonica</i> **+	<i>Gracilaria cervicornis</i> ***+	<i>Gracilaria mammillaris</i> +	<i>Gracilaria parvispora</i> ++
Digestibilidad	%	>60	-	-	-	-	> 64	-	-
Humedad	%	8,30	10,00	7,90	90,20	78,50	15,00	-	6,66
Proteína cruda	%	30,20	11,00	21,54	13,60	17,40	23,00	11,31	9,18
Lípidos	%	0,90	0,70	2,36	6,60	4,40	0,40	-	0,05
Ceniza	%	-	-	48,39	25,10	23,10	8,00	21,39	54,67
Carbohidratos	%	-	-	27,70	-	-	63,00	-	-
Fibra	%	-	-	-	-	-	6,00	3,95	3,45
N	%	-	-	-	-	-	3,00	-	1,56
P	%	-	-	-	-	-	-	-	-
Energía digestible	(k Jx g)	-	-	2,60	-	-	15,00	-	-
Energía	(Cal/g)	-	-	-	-	-	-	-	1.827,06
Acidos grasos saturados									
20:0(n-)	%	-	-	-	12,50	-	-	50,00	-
Acidos grasos insaturados									
16:2 (n6)	%	-	-	-	18,60	-	-	-	-
20:2 (n6)	%	-	-	-	19,10	-	-	-	-
20:4 (n6)	%	-	-	-	27,50	-	-	-	-
20:5 (n3)	%	-	-	-	32,10	-	-	-	-
Indice antioxidante		-	-	-	-	-	-	1,20	-
*Valente et al., 2006      ***+Marinho-Soriaro, 2007      +Roza et al., 2010									
**+Wahbeh, 1997      ***Viera et al., 2005									
**+Kameiwa, 1987      ++Orduña Rojas,2010									

## 5. USO DE PROTEÍNA VEGETAL EN LA ALIMENTACIÓN ACUÍCOLA

Las dietas controladas se basan en raciones y porcentajes equilibrados de proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales que suplen las necesidades energéticas del individuo en procesos de crianza (Blanco, 1995). La necesidad de proteína animal de alta calidad, incide directamente en la rentabilidad de la industria acuícola del Ecuador. En peces carnívoros como la trucha los precios por kilogramo de alimento balanceado, se han incrementado drásticamente en un 50%, por los altos precios de la harina de pescado.

**Figura 4** Precio del alimento balanceado mercado local (USD x kg).

De esta manera, y para mejorar las oportunidades productivas de la industria acuícola, la mayor atención se ha focalizado en estudios sobre la harina de soya, como sustituto de proteína de origen animal debido a su calidad nutricional, bajo costo y constante disponibilidad (Akiyama, 1991; Mbahinzireki, 2001). La harina de soya es uno de los ingredientes que alterna con la harina de pescado en las dietas comerciales para especies acuáticas (Hardy, 1999). Por

ejemplo, en trabajos más tempranos demostraron que la harina de soya podía efectivamente reemplazar hasta 42% de proteína de harina de pescado en alimentos para *L.vannamei*; pero cuando la soya fue co-extruida con subproductos de aves se reportaron reemplazos de hasta un 80% de la harina de pescado sin tener efecto adverso sobre la supervivencia y conversión alimenticia. En peces, el éxito de incorporar altos niveles de harina de soya en las dietas ha dependido de combinarla con otras fuentes de proteínas ó suplementarla con aminoácidos, como la metionina y lisina que son deficientes en ellas (Cajo & De la Torre, 2000).

La harina del gluten de maíz ha sido evaluada como única fuente proteínica o combinada con otras fuentes de proteínas para reemplazar a la harina de pescado en ciertos peces. En trucha arco iris y Sea bass europeo, la harina de gluten de maíz reemplazó 40% y 35% de harina de pescado respectivamente, sin efectos negativos sobre el desempeño biológico de los peces. (De La Higuera 1992).

Otra leguminosa con potencial es *Pisum sativum*, *Brassica sp* (canola), entre otros, han sido evaluadas en alimentos para especies acuáticas. La cantidad y calidad proteica de la harina de canola es favorable para dietas en salmónidos (Cárdenas, 2004).). Varios procedimientos en el proceso pueden disminuir el contenido de factores antinutricionales y concurrentemente, incrementar la concentración de proteína en la harina de canola. Cárdenas, 2004, recomienda el procesamiento de extrusión de la harina de canola para mejorar el nivel nutricional, teniendo como evidencia un crecimiento positivo en el cultivo de salmones en general (*Oncorhynchus tshawytscha*) en aguas salobres. La extrusión de *Pisum sativum* (guisantes) y *Brassica napus* (rapeseed), lograron reemplazar hasta 66% de harina de pescado en dietas para trucha arco iris.

Harinas de semilla de algodón, girasol y lino, comúnmente incorporadas en dietas balanceadas en peces demostraron un reemplazo de más del 50% de harina de pescado en dietas para tilapia. La harina de semilla de algodón es ampliamente usada como un suplemento proteínico en el ganado debido a su alto contenido de proteína y amplia disponibilidad, sin embargo es importante considerar el contenido de gisopol. (Mbahinzireki et al., 2001)

Otra leguminosa empleada en nutrición animal es el chocho (*Lupinus sp.*), considerado como una de las fuentes de origen vegetal con gran potencial a ser usado en alimentos para acuicultura, debido a su alto contenido de proteína (32-36%), bajos costos y disponibilidad (Jenkins et al., 1994). Estudios recientes sugieren que la harina de la semilla de chocho puede ser una buena fuente alternativa cuando es utilizada con niveles hasta el 30 o 40% en dietas para trucha arco iris (Morales et al., 1994).

Aunque la mayoría de la investigación se ha enfocado en la evaluación de oleaginosas y sus productos derivados, algunos estudios con semillas de leguminosas han mostrado también resultados prometedores (Olvera-Novoa et al., 1997; Gouviea & Davies, 2000). Por ejemplo, la *Sesbania aculeata* podría ser incorporada hasta un 12 % en dietas para carpa común, sin afectar el crecimiento (Hossain et al., 2001). Otras leguminosas que se conocen también como ingrediente proteico secundario son: la harina o pasta de cacahuate (*Arachis hypogaea*), alfalfa (*Medicago sativa*), fréjol (*Phaseolus spp.*), haba (*Vicia faba*), vigna (*Vigna unguiculata*), canavalia (*Canavalia ensiformes*), *Sesbania* (*Sesbania grandiflora*), y hojas de leucaena (*Leucaena leucocephala*) (Olvera Novoa ,1997). Otra fuente de proteína vegetal pueden ser las cáscaras de cacao (Poumogne et al., 1997).

Dentro de otras especies de origen vegetal con alto contenido nutricional están las especies vegetales de *Amaranthus sp.* El grano de amaranto tiene alto contenido nutricional y energía similar a los granos de cereales y el doble de cantidad proteica, con una composición superior de aminoácidos. El grano puede servir como sustituto del grano de maíz en alimentación de aves y parcialmente reemplazar los ingredientes costosos de proteína animal, llegando hasta un 20 % de inclusión para dietas en trucha arco iris (Kabuaage et al., 2002, Ortiz et al., 2006). Otro grano con alto valor nutricional es el Quinoa (*Chenopodium quinoa*), que es una planta anual de las regiones andinas. El grano es pequeño, y puede ser usado como

harina, o tostado, agregado a las sopas o hecho en pan. Es rica en aminoácidos particulares, los cuales son escasos en otros cereales (Jacobsen, 2002). La Quinua es también una fuente de vitaminas y minerales y tiene alto contenido en hierro (Repo-Carrasco et al., 2001). La Quinua posee un sinnúmero de variedades diferentes que sobreviven en un amplio rango de condiciones extraordinarias, sin embargo por las concentraciones de saponinas existe una baja palatabilidad de las dietas preparadas para peces, sin embargo hasta un 15 % de reemplazo puede ser empleado para la trucha arco iris (Risi, 2001; Ortiz et al., 2006).

Algunos resultados bajo condiciones experimentales, han demostrado que es posible reemplazar la harina de pescado con diferentes tipos de alimentos que contengan sub-productos de aves de corral y plumas (Fowler, 1990); así como también con sub-productos de la carne, tales como la harina de sangre y la harina de hueso (Naylor et al., 2000).

Dentro de los procesos de bio-remediación de cuencas hidrográficas continentales, varios proyectos con el uso de plantas acuáticas han sido propuestos. Por ejemplo el uso de lenteja y jacinto de agua en plantas de tratamiento de aguas residuales, y que superan las 10 toneladas de biomasa/hectárea con contenidos de proteína > al 16%. Estos productos han sido aprovechados en proyectos piscícolas como la crianza de la trucha arco iris, con porcentajes de inclusión hasta el 10 %. Los efectos han sido positivos con tasas de crecimiento entre el 0,8-1,5 %/día, FCA de 2,5 - 2,7. Cabe recalcar que los mayores costos de producción y utilización de estos subproducto, se mantuvieron en la cosecha, procesamiento y obtención de la harina de Jacinto y lenteja, como producto final (Cornejo & Grijalva, 2010).

## **6. ALGAS ROJAS (GRACILARIA SP) EN LA ALIMENTACIÓN DE ORGANISMOS ACUÁTICOS**

El uso de algas rojas en dietas para peces ha sido utilizado. Estudios comparativos de *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rígida* y *Gracilaria cornea*, fueron probados en *Dicentrarchus labrax*, en etapas de inicio desde los 2 a los 14 g. Se prepararon dietas isoproteicas e isocalóricas con porcentajes de proteína promedio del 55, 5%. Los resultados fueron positivos teniendo un crecimiento diario de 3,37 % y un FCA de 1,48 hasta con un 10 % de reemplazo. Cabe destacar que los mejores resultados se obtuvieron en *G. Pastoris* por los contenidos mayores de proteína y la tasa de digeribilidad. El autor recalca que hay una estrecha relación en las concentraciones de nitrógeno en el medio y las concentraciones de proteína generada, siendo este un punto estratégico a tratar. Otro aspecto relevante es que con el uso de las algas marinas los costos de producción, cosecha y procesamiento son elementos relevantes para la rentabilidad del uso de esta materia prima como ingrediente alternativo. (Valente et al., 2006)

De igual manera se utilizaron dietas en base de algas marinas, en donde el uso de *Gracilaria cornea* fue evaluado. La especie utilizada fue *Haliotis tuberculata coccinea*, en donde se obtuvieron resultados positivos en crecimiento llevado desde los 11,7mm hasta los 14,75mm y pesos desde los 0,16 a los 0,38 g, el FCA se mantuvo en el orden de los 21,54. El autor hace mención del uso de algas marinas en la filtración de ecosistemas acuáticos y el aumento de las biomásas y el uso apropiado, para la alimentación acuícola; en este caso de un Gasterópodo de real interés comercial. Cabe destacar que la preparación de dietas dependerá del requerimiento nutricional de la especie principal, que como el *H. discus hanna*, sería de 20-30%, *H. kamchatkana* (30%), *H. midae* (47%). El ingrediente a suministrar debe considerarse como disponible, palatable y digestible. (Viera et al., 2005)

De igual manera se probaron en crustáceos *Litopennaeus vannmei*, dietas con *Gracilaria cervicornis*, llegando a tasas de reemplazo del 50%. Los tratamientos fueron realizados en las etapas iniciales de crianza desde los 0,34 g hasta 1, 35 gramos de peso promedio. Los rendimientos en crecimiento obtenidos, varían desde los 4,71 hasta los 5,1 % x día, con una tasa de eficiencia alimenticia del 64%. Cabe recalcar que la *Gracilaria* fue suministrada de forma pura obteniendo un FCA de 22. El autor hace mención del uso de algas



marinas como fuente alternativa y de inclusión en dietas balanceadas para crustáceos. La tasa de supervivencia fue del 50%. (Marinho-Sôfaro et al., 2007).

Varios ensayos se han realizado en el cultivo de langostas, en donde los carbohidratos son mucho más importantes en dietas para las etapas juveniles. Las respuestas de asimilación a complejos compuestos de polisacáridos como el agar, alginatos y glicógeno han sido positivas y son utilizados en pruebas experimentales. Con dietas balanceadas en base de agar, se obtuvo una tasa de consumo de 6,5 %, supervivencia del 50% e incrementos de peso desde los 0,90 hasta el 1,88 g/unidad. Las pruebas bromatológicas en carne de langosta resultaron con proteína del 68,75%, lípidos 19,93% y glicógeno de 0,038%. (Radford et al., 2007).

Estudios realizados en la biodiversidad acuática en Chile, permitió identificar que muchas especies marinas consumen algas de diferente índole. Dentro de este grupo *Athyridium chilensis* fue muestreado, encontrándose una preferencia del 85%, por algas rojas en las etapas de engorde entre los 100 a 150 gramos. En términos generales durante toda su vida biológica, *Athyridium chilensis*, tiene una frecuencia de consumo del 7 % de *Gracilaria chilensis*. De esta manera, varios organismos no gubernamentales que se encuentran en estudios experimentales del cultivo de pepino de mar, en donde la vinculación nutricional es preponderante y las algas rojas un alimento esencial, podría ser un tema a tratar a corto y mediano plazo. (Ruiz et al., 2007)

## 7. CONCLUSIONES

Las dietas balanceadas utilizadas en varias especies acuáticas como peces, crustáceos, moluscos, demuestran el beneficio del uso de la *Gracilaria sp.* como componente nutricional. La presencia de un perfil aminoácido importante, así como de ácidos grasos saturados e insaturados y de minerales como hierro y calcio, son elementos funcionales que pueden ser utilizados en dietas para la acuicultura. Sin embargo cabe recalcar que todas las dietas probadas se las realizó en etapas de inicio y con tiempos limitados, además de no presentar los costos pertinentes, lo que impide tener una mejor apreciación del beneficio de las algas marinas en la producción acuícola. Cabe recalcar que los mayores consumos de alimento se dan en las etapas de engorde por lo que el efecto de inclusión hasta un 10 % serían significativos.

La asociatividad que puede tener la producción de *Gracilaria* y la salmonicultura es importante, ya que se ha demostrado que esta alga puede remover en periodos de veranos 9300 kg de N/mes y en invierno hasta 1990 kg/mes. Hay evidencia que el aprovechamiento del exceso de nitrógeno en las fuentes aledañas a la maricultura, incrementa las biomásas productivas, además de mejorar la calidad de la proteína existente. Cabe recalcar que el balance de producción de biomásas vs la emisión de carbono podría ser una oportunidad de negocio y control medio ambiental en la industria salmonera con la producción de *Gracilaria sp.* como fuente de alimento alternativo o complemento nutricional.

La producción de *Gracilaria sp* es un componente importante en la producción acuícola mundial con ingresos sobre los 82 millones de dólares, siendo Chile uno de los principales productores con el mayor valor por producto, debido al valor agregado desarrollado. Sin embargo no hay evidencia de crecimiento en el mercado internacional de *Gracilaria*. Desde 1999 hasta el 2009, la variación en precios es mínima (3%), y ampliamente comparable con otras algas marinas como la *Lessonia* (171%), *Cottoni* (133%), *S. crispata* (130%), *Chondrus* (88%), por lo que es importante visualizar otras alternativas de mercado y comercialización para el aumento de las biomásas de *Gracilaria sp* en Chile.

La estacionalidad es un factor determinante para la producción de *Gracilaria sp.*, y está estrechamente relacionado con la temperatura en los ambientes acuícolas, cabe destacar que las mayores producciones en Chile, se encuentran entre la VII y X región. Las nuevas

tecnologías recomiendan utilizar la técnica long line, más que la siembra de fondo, de esta manera se conseguiría una productividad continua, así como la inoculación de esporas de *Gracilaria* en sustratos artificiales.

## REFERENCIAS

1. Akiyama, D.M., & Dominy, W.G. (1991). *Penaid shrimp Nutrition for the Commercial Feed Industry*. American Soybean Association and Oceanic Institute, Waimanalo, Hawaii, USA.
2. Bixler, H. & H., Porse. 2010. *A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry*. J. Apply. Phycol journal, pp15.
3. Blanco, M. 1995. *Cría Industrial de la Trucha Arco Iris*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. pp 503.
4. Boyd, C. 2010. *Contenidos de carbonos en estanques de la Acuicultura*. XII Congreso de acuicultura en el Ecuador.
5. Cajo, J., De la Torre, A. (2000). *Evaluación de cuatro balanceados para la alimentación de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias – IASA.
6. Cárdenas, R. M. 2004. *Evaluación de Amaranto y Quinoa como Fuentes reemplazantes a la harina de pescado en dietas para juveniles Litopenaeus vannamei*. Tesis de Maestría. ESPOL. pp 65
7. Cheng, Z., Hardy, R. & J. Usryb. 2003. *Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion*. *Aquaculture* 218: 553–565
8. Cornejo, F. & Y., Grijalva. 2010. *“Inclusión del 5% y 10% de lenteja de agua (lemma sp.) Y jacinto de agua (eichhornia crassipes) como dieta para trucha arco iris (oncorhynchus mykiss) en fase de engorde”*. Tesis de graduación final. ESPE-Ecuador, pp 230.
9. De la Higuera, M., García- Gallego, M., Sanz, A., Cardenette, G., Suarez, M., & F. Moyano. 1988. *Evaluation of lupin seed meal as an alternative protein source in feeding of rainbow trout*. *Aquaculture* 71:37-50
10. FAO, 2002. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. FAO Fisheries Department, Rome. 159 pp.
11. FAO, 2008. *Estadísticas en Acuicultura*. Fishstat.
12. Fowler, L.G., (1990). *Feather meal as a dietary protein source during parr-smolt transformation in fall chinook salmon*. *Aquaculture* 89: 301-314.
13. Gouviea, A., & Davies, S.J. (2000). *Inclusion of an extruded dehulled pea seed meal in diets for juvenile European sea bass (Dicentrarchus labrax)*. *Aquaculture* 182: 183-193.
14. Hardy, R. W., (1999) *Collaborative opportunities between fish nutrition and other disciplines in aquaculture: an overview*. *Aquaculture* 177: 217-230.
15. Hossain, M. A., Focken, U., & Becker, K. (2001). *Evaluation of an unconventional legume seed, Sesbania aculeata, as a dietary protein source for common carp, Cyprinus carpio L.* *Aquaculture* 198: 129-140.
16. Jacobsen, S.E., 2002. *Quinoa: research and development at the international potato center (CIP)*. CIP-DANIDA.
17. Jenkins, G. I., Waters, S. P., Hoxey, M. J., Petterson, D.S., 1994. *Lupin seed (Lupinus angustifolius) as an alternative to soybean meal in diet of juvenile snapper (Pagrus auratus)*. In: Dracup, M., Palta, J.) (Eds), *Proceedings of the first Australian Lupin Technical Symposium*, 17-21 October 1994, Perth, Western Australia. Department of Agriculture, WA, pp. 74-78.

18. Kabuage, L.W., Mbugua, P.N., Ngatia, T.A. 2000. *Effect of steam pelleting and inclusion of molasses in amaranth diets on broiler chicken performance, carcass composition and histopathology of some internal organs.* <http://www.faorg/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/550EN.HTM>
19. Marinho-Soriano, E., M. R. Camara, et al. (2007). "Preliminary evaluation of the seaweed *Gracilaria cervicornis* (Rhodophyta) as a partial substitute for the industrial feeds used in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming." *Aquaculture Research* **38**(2): 182-187.
20. Mbahinzireki, G.B., Dabrowski, K., Lee, K.-J., El-Saidy, D., & Wisner, E. R. 2001. *Growth, feed utilization and body composition of tilapia (Oreochromis sp.) fed with cottonseed meal-based diets in a recirculating system.* *Aquaculture Nutrition* **7**: 189-200.
21. Morales, A.E., Cardenete, G., De la Higuera, M., & Sanz, A. (1994). *Effects of dietary protein source on growth, feed conversion and energy utilization in rainbow trout, Onchorhynchus mykiss.* *Aquaculture* **124**: 117-126.
22. Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H. 2000. *Effect of aquaculture on world fish supplies.* *Nature* vol. 405.
23. Naylor, Rosamond, Hardy, Ronald, Bureau, Dominique, Chiu Alice, Elliott Matthew, Farrelle Anthony, Forster Ian, Gatlin Delberg, Goldburgh Rebecca, Huac Katheline and Peter Nichol. 2009. *Feeding aquaculture in an era of finite resources.* Edited by Thomas F. Malone, North Carolina State University, Raleigh, PNAS :vol. 106, no. 36, 15103–15110
24. Olvera-Novoa, M.A., Pereira-Pacheco, F., Olivera-Castillo, L. 1997. *Cowpea (Vigna unguiculata) protein concentrate as replacement for fish meal in diets for tilapia (Oreochromis niloticus) fry.* *Aquaculture* **158**: 107-116.
25. Orduna-Rojas, J., K. Y. Garcia-Camacho, et al. (2008). "Agar properties of two species of Gracilariaceae from the Gulf of California, Mexico." *Journal of Applied Phycology* **20**(2): 169-175.
26. Ortiz, J.; Falconí, R. & M. Luna. 2006. *Evaluación y validación de amaranto (Amaranthus caudatus) y quinua (Chenopodium quinoa) como reemplazantes de harina de pescado en dietas para crecimiento en trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss).* *Revista Ciencia.* **V8**, 2:63,70.
27. Poumogne, V., Takam, G., and Pouemegne, J.B. 1997. *A preliminary evaluation of cacao husks in practical diets for juvenile Nile tilapia (Oreochromis niloticus).* *Aquaculture* **156**: 211-219.
28. Radford, C. A., I. D. Marsden, et al. (2007). "Effects of dietary carbohydrate on growth of juvenile New Zealand rock lobsters, *Jasus edwardsii*." *Aquaculture* **273**(1): 151-157.
29. Repo-Carrasco, R., España, C. And Jacobsen, S-E. 2001. Valor nutritivo y usos de la Quinoa y de la Kañiwa. In: *Memorias Primer Taller Internacional en Quinoa: Recursos Genéticos y Sistemas de Producción.* Jacobsen, S-E, Mujica, A., and Portillo, Z. (Eds.), Proyecto Quinoa CIP-DANIDA.
30. Risi, C. 2001. *Producción de Quinoa en el Altiplano Sur de Bolivia.* In: *Memorias Primer Taller Internacional en Quinoa: Recursos Genéticos y Sistemas de Producción.* Jacobsen, S-E, Mujica, A., and Portillo, Z. (Eds.), Proyecto Quinoa CIP-DANIDA.
31. Roza, G., Roza, C., Rodríguez, L., Puyana, M., & J., Escobar. 2010. *Composición química de dos macroalgas rojas recolectadas en el Caribe Colombiano y su valor como fuente potencial de alimento.* XXIX Congreso Latinoamericano de química. XVI congreso Colombiano de química - VI congreso Colombiano de cromatografía.
32. Ruiz, J. F., C. M. Ibanez, et al. (2007). "Gut morphometry and feeding of the sea cucumber *Athyonidium chilensis* (Semper, 1868) (Echinodermata : Holothuroidea)." *Revista De Biología Marina Y Oceanografía* **42**(3): 269-274.
33. Sanderson, J. C., C. J. Crome, et al. (2008). "Distribution of nutrients for seaweed cultivation around salmon cages at farm sites in north-west Scotland." *Aquaculture* **278**(1-4): 60-68.

34. Sudaryono, A., Tsvetnenko, E., and Evans, L.H. 1999. *Evaluation of potential of lupin meal as an alternative to fish meal in juvenile Penaeus monodon diets.* *Aquaculture Nutrition*, 5: 277-285.
35. Sudaryono, A., Tsvetnenko, E., Hutabarat, J., Supriharyono, and Evans, L.H. 1999. *Lupin ingredients in shrimp (Penaeus monodon) diets: influence of lupin species and types of meals.* *Aquaculture* 171: 121-133.
36. Troell, M., C. Halling, et al. (1997). *"Integrated marine cultivation of Gracilaria chilensis (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output."* *Aquaculture* **156**(1-2): 45-61.
37. Tveteras, S. and R. Tveteras (2010). *"The Global Competition for Wild Fish Resources between Livestock and Aquaculture."* *Journal of Agricultural Economics* **61**(2): 381-397.
38. Valente, L. M. P., A. Gouveia, et al. (2006). *"Evaluation of three seaweeds Gracilaria bursa-pastoris, Ulva rigida and Gracilaria cornea as dietary ingredients in European sea bass (Dicentrarchus labrax) juveniles."* *Aquaculture* **252**(1): 85-91.
39. Viera, M. P., J. L. G. Pinchetti, et al. (2005). *"Suitability of three red macroalgae as a feed for the abalone Haliotis tuberculata coccinea Reeve."* *Aquaculture* **248**(1-4): 75-82.
40. Sitios web:
  - <http://www.algaebase.org>
  - <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/query/es,2010>.
  - <http://www.seaweed.ie>.